ICS 号 47.020.30
中国标准文献分类号 U57

团 体 标 准

T/CCMS XXX-XXXX

大型打桩船用变幅油缸设计标准

Design Standard For Large Variable Amplitude Hydraulic Cylinder Of Pile Driving Vessels

xxxx-xx-xx 发布 xxxx-xx-xx 实施

中国工程机械学会 发布

前言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分:标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国工程机械学会提出并归口。

本文件起草单位:中交第二航务工程局有限公司、同济大学、江苏恒立液压股份有限公司、上海振华重工(集团)股份有限公司、上海振华重工启东海洋工程股份有限公司、上海佳豪船海工程研究设计有限公司、中交武汉港湾工程设计研究院有限公司。

本文件主要起草人:杨秀礼、程茂林、肖浩、黄剑、杨佳、孟奎、吴雪峰、卞永明、陈力、宋文杰、李怀东、卜王辉、范珂源、胡国享、叶菁、宋涛、汪成松、过文骏、孙敏锋、李杰、符家恒、胡敏、孙钦扬、徐峰、田唯、郭强、周霞、简立刚。

目　　录

1　总　则 1
2　术语和符号 2
　2.1 术语 2
　2.2 符号 3
3 基本规定 4
　3.1 环境工况 4
　3.2 使用工况 4
　3.3 载荷类型 5
4 整体型式 6
　4.1 结构型式 6
　4.2 密封型式 6
　4.3 安装型式 7
5 基本参数 8
　5.1 结构件参数 8
　5.2 安装件参数 10
　5.3 稳定性参数 10
6 技术要求 12
　6.1 外观质量 12
　6.2 性能 13
　6.3 维修与保养 13
引用标准名录 14

1 总 则

1.0.1 本标准规定了打桩船大型液压缸的整体型式与基本参数、技术要求。

1.0.2 本标准适用于缸筒内径不小于1000mm的打桩船大型液压缸。

2　术语和符号

2.1 术语

2.1.1　打桩船

用于水上打桩作业的船只。

2.1.2　液压缸

将液压能转变为机械能的、做直线往复运动的液压执行元件。

2.1.3　缸筒内径

油缸内部圆柱形腔体的直径。

2.1.4　导向套

采用机械切削方法精加工而成的筒状结构件。

2.1.5　法兰

轴与轴之间相互连接的零件。

2.1.6　耳环

固定在液压缸缸底或活塞杆端部的U形铰接支座。

2.1.7　导向环

用于活塞或活塞杆导向的关键部件。

2.1.8　活塞杆

支持活塞做功的连接部件。

2.1.9　焊接

一种以加热、高温或者高压的方式接合金属或其他热塑性材料的制造工艺及技术。

2.1.10　激光熔覆

利用高能密度的激光束将具有不同成分、性能的合金粉末与基材表面快速熔化，形成与基材具有冶金结合的熔覆层。

2.2 符号

2.2.1　作用和作用效应

Pmax——液压缸最大工作压力；

F——活塞所需最大推力；

Fcr——油缸屈曲载荷。

2.2.2　材料性能或设计指标

[σ]——缸筒材料许用强度；

Φ——筒体最小强度系数；

E——材料弹性模量。

2.2.3　几何参数

D——缸筒内径；

c——壁厚公差及腐蚀的附加厚度；

t——缸筒最小壁厚；

I——等效惯性距；

L——油缸总长度；

A—— 缸筒及活塞截面面积。

3 基本规定

3.1 环境工况

3.1.1　外部环境温度需要处于-20℃～+45℃。

3.1.2　变幅油缸被安装在世界范围内运行的移动或固定的打桩船只上，暴露在以下环境：腐蚀性海洋环境（盐雾）、阳光直射环境、废气和灰尘环境。

3.2 使用工况

3.2.1　大型打桩专用工程船，可兼作起重船使用。

3.2.2　适用近海、沿海、遮蔽海域及内河 A 级等区域的打桩作业。

3.2.3　油缸安装在打桩船甲板上，斜向上安装，缸底端连接甲板上铰接点，杆头端连接桩架上铰接点。

3.2.4　拖航时油缸全缩不工作，桩架倒置在船上方。

3.2.5　换铰时油缸微动，要求速度 1mm/s，对准铰点位置后，插入轴销，后正常打桩。

3.2.6　打桩时，油缸控制桩架仰桩、俯桩、直桩等工况，活塞杆均为伸出状态，长期外露，油缸工作速度约 10mm/s。夜间不工作时，控制桩架竖直，此时油缸受力最小。

3.2.7　平均全年打桩作业为 270 天，每天仰桩、俯桩、直桩等来回运动

约 3～4 次。

3.2.8　俯桩工况下油缸为拉力工况，其余均为推力工况。

3.3 载荷类型

3.3.1　额定打桩力产生的静态推力或拉力。

3.3.2　桩锤瞬时冲击传递的动载荷。

3.3.3　船体横摇时油缸承受的惯性力。

3.3.4　因耳环、导向套磨损导致的侧向力。

3.3.5　液压油温引起的材料强度折减及热应力。

3.3.6　变幅机构每天循环的脉动载荷。

4 整体型式

4.1 结构型式

4.1.1　打桩船大型液压缸采用双作用单杆无缓冲活塞杆结构型式，由缸筒、端盖、导向套、活塞、活塞杆及中隔圈等零部件组成。

4.1.2　活塞采用分体结构型式，以方便密封件的安装。

4.1.3　活塞杆采用空心杆结构型式，需预留焊接及热处理时的通气孔。

4.1.4　缸筒与端盖、导向套之间采用法兰螺栓的联结型式。

4.1.5　活塞杆与活塞之间采用锁紧螺母的联结型式。

4.1.6　活塞杆与杆头之间采用外螺纹的联结型式，须有锁紧措施。

4.2 密封型式

4.2.1　活塞杆与活塞之间采用锁紧螺母的联结型式。

4.2.2　活塞杆与导向套之间采用导向环加 V 组密封加斯特封加格莱圈加防尘圈的动密封型式。

4.2.3　导向套与缸筒内壁之间采用 O 型圈加挡圈的静密封型式。

4.2.4　端盖与缸筒内壁之间采用 O 型圈加挡圈的静密封型式。

4.2.5　活塞与活塞杆之间采用 O 型圈加挡圈的静密封型式。

4.2.6　通过导向套与活塞杆的间隙配合，使微量气泡随回油排入油箱。

4.2.7　防尘圈采用三重唇口设计，阻隔沙尘/海水。

4.2.8　密封圈采用压力自适应密封，带泄压槽防困压。

4.3 安装型式

4.3.1　打桩船大型液压缸采用两端铰接的安装型式。

4.3.2　端盖与带关节轴承的单耳环通过焊接联结。

4.3.3　活塞杆外端与双耳环通过螺纹联结。

5 基本参数

5.1 结构件参数

5.1.1 缸筒内径

a. 缸筒内径（D）应根据系统最大工作压力（Pmax）和活塞所需最大推力（F）计算，公式为$D=\sqrt{\frac{4F}{\pi P_{\max}}}$；

b. 计算值须按表 1 推荐尺寸向上圆整，打桩船大型液压缸的缸筒内径系列尺寸应符合 GB/T 2348 规范；

c. 最终设计需通过船级社规范 CCS 对负载安全系数的校核（通常 ≥ 1.5～2.0）。

表 1 缸筒内径推荐尺寸

缸筒内径 D (mm)				
1000	1400	2000	2800	4000
1060	1500	2120	3000	4250
1120	1600	2240	3150	4500
1180	1700	2360	3350	4750
1250	1800	2500	3550	5000
1320	1900	2650	3750	

5.1.2 缸筒壁厚

a. 缸筒最小壁厚 t 根据油缸最高压力 Pmax、外缸筒内径 Di、缸筒材料许用强度[σ]、筒体最小强度系数φ和壁厚公差及腐蚀的附加厚度 c 计算，公式为$t=\frac{P_{max}*D_i}{2*[\sigma]*\varphi-P_{max}}+c$；

b. 计算值须按表 2 推荐尺寸向上圆整,缸筒壁厚系列尺寸符合 GB/T 321

及 GB/T 2348 规范；

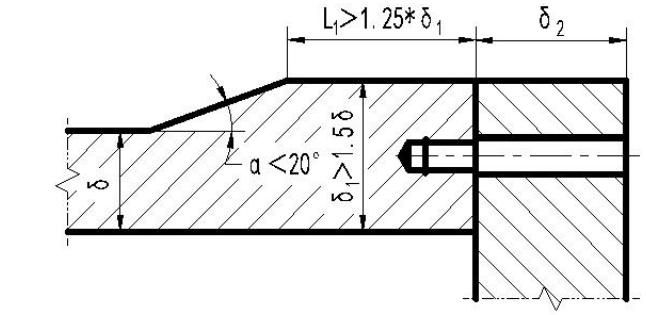
c. 最终设计需通过 ISO 10771-1 疲劳压力试验及船级社规范规定的爆破试验（≥2.5 倍工作压力）。

表 2 缸筒壁厚推荐尺寸

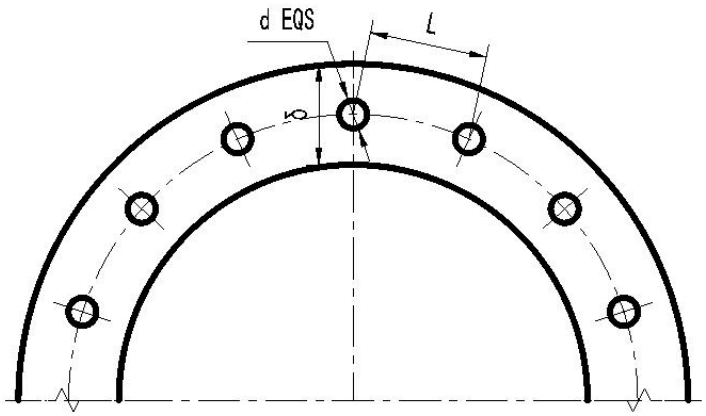
缸筒壁厚 t (mm)				
100	200	300	425	600
110	225	315	450	630
125	235	335	475	670
140	250	355	500	710
160	265	375	530	750
180	280	400	560	800

5.1.3 端盖参数

a. 连接法兰处油缸壁厚 δ_1 应增大，略大于油缸总体壁厚 δ 的 1.5 倍，增大壁厚的长度 L_1 不小于该处的壁厚 δ_1 的 1.25 倍，如图 1（a）所示；



(a)



(b)

图 1 端盖参数具体示意图

b. 外缸筒与连接法兰处过渡角 α 应不大于 20 度，如图 1（a）所示；

c. 端盖厚度δ_2与连接法兰处油缸壁厚δ_1相等，如图1（a）所示；

d. 端盖连接螺栓公称直径d不大于连接法兰处油缸壁厚δ_1的1/3，如图1（b）所示；

e. 端盖连接螺栓的强度安全系数不小于3.5；

f. 端盖连接螺栓应均布（EQS），且间距L不小于螺栓公称直径d的1.5倍，如图1（b）所示；

g. 螺栓个数应符合表3规定。

表3 法兰螺栓

螺栓分布圆直径D(mm)	1050	1160	1280	1390	1590	1820	2020
螺栓个数N	28	28	28	32	36	36	40

5.1.4 导向套参数

为装配方便，导向套法兰螺栓的布局方式与端盖法兰螺栓布局方式一致。

5.1.5 活塞杆参数

活塞杆直径与缸筒内径间尺寸关系应符合表4规定的两腔面积比。

表4 两腔面积比推荐取值

两腔面积比								
1.06	1.12	1.25	1.32	1.4	1.6	2	2.5	5

5.2 安装件参数

5.2.1 关节轴承与单耳环之间一般采用H7配合。

5.2.2 双耳环销孔一般采用H7～H9配合。

5.3 稳定性参数

5.3.1 通过有限元建模分析油缸的屈曲载荷F_{cr}。

5.3.2　根据欧拉公式$F_{cr}=\frac{\pi^2 EI}{(\mu l)^2}$，推算出油缸的等效惯性矩。

5.3.3　根据公式$i=\sqrt{\frac{I}{A}}$，计算出缸筒和活塞两种截面的等效惯性半径。

5.3.4　分别计算出缸筒和活塞两种截面的等效长细比。

5.3.5　根据两种截面的等效长细比，计算油缸的等效折算应力。

5.3.6　两种截面的折算应力均不大于油缸材料的许用应力。

6 技术要求

6.1 外观质量

6.1.1 焊接

a. 焊接部位无飞溅、焊渣、气孔、假焊等缺陷，非加工面应打磨平整、去除飞边毛刺；

b. 对接焊缝≥6mm 时，焊缝进行超声波检测(UT)达到 NB/T47013.3-2015 Ⅱ级要求，或进行磁粉检测(MT)达到 NB/T47013.4-2015 Ⅰ级要求，或进行渗透检测(PT)达到 NB/T47013.5-2015 Ⅰ级要求。

c. 非全焊透角焊缝需进行磁粉检测(MT)达到 NB/T47013.4-2015 Ⅰ级要求，或焊缝进行渗透检测(PT)达到 NB/T47013.5-2015 Ⅰ级要求。

d. 全焊透角焊缝进行超声波检测(UT)达到 NB/T47013.3-2015 Ⅱ级要求，或进行磁粉检测(MT)达到 NB/T47013.4-2015 Ⅰ级要求，或进行渗透检测(PT)达到 NB/T47013.5-2015 Ⅰ级要求。

e. 对接焊缝≥6mm 和角焊缝组合时，焊缝进行超声波检测(UT)达到 NB/T47013.3-2015 Ⅱ级要求焊缝，或进行磁粉检测(MT)达到 NB/T47013.4-2015 Ⅰ级要求，或焊缝进行渗透检测(PT)达到 NB/T47013.5-2015 Ⅰ级要求。

6.1.2 活塞杆表面处理和性能要求

a. 表面处理采用激光熔覆技术，激光熔覆层厚度为≥0.5mm。

b. 表面硬度≥50HRC；基体到熔覆层过渡区硬度落差≤15HRC。

c. 熔覆层与基体结合强度≥400MPa。

6.2 性能

6.2.1 运行平稳，无异常声音

6.2.2 最低启动压力符合 JB/T 10205—2010 中 6.2.1 条的规定。

6.2.3 外渗漏值符合 JB/T 10205—2010 中 6.2.3.1、6.2.3.2 条的规定。

6.2.4 应当对打桩船大型液压缸的使用及损伤情况进行实时监测并及时维护，避免因使用不当造成液压缸寿命折损。

6.2.5 打桩船大型液压缸内泄露量不应超过表 5 规定值。

表 5 内泄露量

缸径 mm	Ø630	Ø710	Ø800	Ø900	Ø950	Ø1000	Ø1200	Ø1250	Ø1500	Ø2000
漏油量 mL/min	3.0	4.0	5.0	6.0	6.5	7.8	9.0	12.0	16.0	31.4
注:特殊规格大型液压缸内泄漏量按照无杆腔加压 0.01 mm/min 位移量计算。										

6.3 维修与保养

6.3.1 打桩船大型液压缸表面应采用防腐工艺，包括涂装、电镀等，以提高其耐腐蚀能力。

6.3.2 打桩船大型液压缸空腔需填充氮气并使用循环油，以防止长期静止时液压缸内空腔造成内壁氧化。

6.3.3 打桩船大型液压缸充油应为容积的 80%-90%，避免油液热胀冷缩造成缸体的内部压力大幅变化。

6.3.4 一般情况下，工作介质温度应在-20～+80℃范围。

引用标准名录

GB/T 321 优先数和优先数系
GB/T 17446 流体传动系统及元件 词汇
GB/T 2346 流体传动系统及元件 公称压力系列
GB/T 2348 流体传动系统及元件 缸径及活塞杆直径
GB/T 2350 流体传动系统及元件 活塞杆螺纹型式和尺寸系列
GB/T 2878（所有部分） 液压传动连接 带米制螺纹和 O 形圈密封的油口和螺柱端
GB/T 9094 流体传动系统及元件 缸安装尺寸和安装型式代号
GBT 6578 液压缸活塞杆用防尘圈沟槽型式、尺寸和公差
GB/T 15242（所有部分） 液压缸活塞和活塞杆动密封装置尺寸系列
GB/T 17186.1 管法兰连接计算方法 第 1 部分:基于强度和刚度的计算方法
GB/T 9124.1 钢制管法兰 第 1 部分:PN 系列
GB/T 9125.1 钢制管法兰连接用紧固件 第 1 部分:PN 系列
GB/T 13402 大直径钢制管法兰
GB/T 36520（所有部分） 液压传动 聚氨酯密封件尺寸系列
GB/T 7935 液压元件 通用技术条件
GB/T 37400.16 重型机械通用技术条件 第 16 部分:液压系统
JB/T 11718 液压缸 缸筒技术条件
GB/T 15622 液压缸试验方法
GB/T 32217 液压传动 密封装置 评定液压往复运动密封件性能的试验方法
GB/T 13342 船用往复式液压缸通用技术条件
ISO 10771-1:2015 液压传动 金属压力容器外层的压力疲劳试验 第 1 部分:试验方法
JB/T 10205—2010 《液压缸》
NB/T 47013-2015《承压设备无损检测》
CCS《钢质海船入级规范》（2015）及最新生效修改通报；
CCS《材料与焊接规范》（2015）及最新生效修改通报；
CCS《船舶与海上设施起重设备规范》（2007）
JB/T 13611 关节轴承 液压缸用杆端关节轴承
GB/T 2501 船用法兰连接尺寸和密封面